
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Pertama
Sidang Akademik 2010/2011

November 2010

EEK 361 – ELEKTRONIK KUASA

Masa : 3 Jam

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi ENAMBELAS muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Kertas soalan ini mengandungi **ENAM** soalan.

Jawab **LIMA** soalan.

Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru.

Agihan markah bagi setiap soalan diberikan di sudut sebelah kanan soalan berkenaan.

Jawab semua soalan dalam Bahasa Malaysia atau Bahasa Inggeris atau kombinasi kedua-duanya.

[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

1. (a) Sila jawab soalan dengan jelas.

Answer those questions clearly.

- (i) Pada sistem elektronik kuasa, semua komponen semikonduktor difungsikan sebagai suis-suis. Sila jelaskan pernyataan ini.

In the power electronic system, all the power semiconductor devices functioned as switches. Please describe this statement.

(15%)

- (ii) Apa yang dimaksudkan dengan sistem elektronik kuasa?, berikan beberapa contoh aplikasi elektronik kuasa dalam sistem elektrik kuasa.

What is mean the power electronics system?, give any example of power electronic application in electrical system.

(10%)

- (iii) Apa fungsi diod 'freewheeling' dalam penukar AT ke AT dengan beban induktif tinggi?

What is function of freewheeling diodes in DC to DC converter with highly inductive load?

(10%)

- (iv) Apa prinsip operasi daripada suatu pemenggal AT turun (Buck DC chopper), suatu pemenggal AT naik (Boost DC chopper) dan sebuah pemenggal AT turun-naik (Buck-Boost DC chopper)?

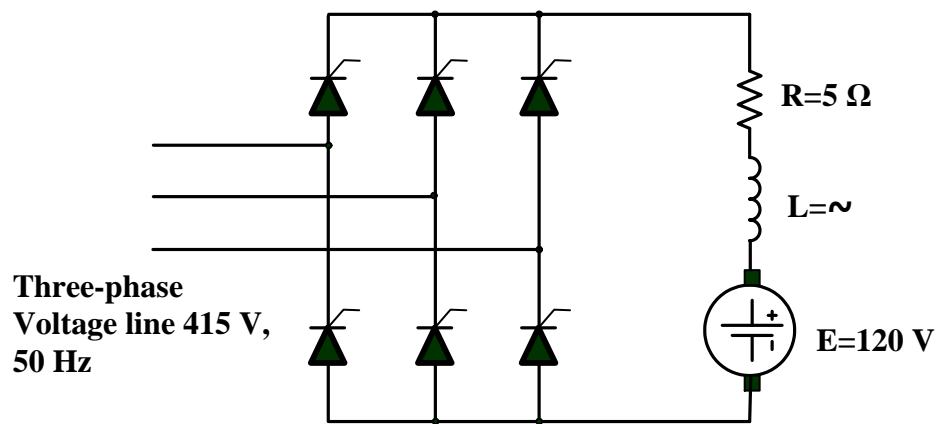
Describe the principle of operation of step-down, step-up and step down – step up dc choppers.

(15%)

...3/-

- (b) Penukar AUA ke AT gelombang penuh tiga fasa terkendali tersambung kepada sebuah talian voltan tiga fasa 415 volt, 50 Hz. Beban penukar tersebut terdiri dari sebuah motor AT yang litar setaranya ditunjukkan dalam Rajah 1 berikut. Diandaikan bahawa beban penukar ialah sangat induktif:

A three-phase full wave AC to DC converter controlled is connected to a three-phase ac voltage line, 415 V, 50 Hz. Load of that converter consist of a DC motor where the equivalent of that circuit shown in Figure 1 bellow. Assumed that converter load is very inductive:



Rajah 1
Figure 1

- (i) Tentukan kuasa yang bekalkan kepada motor (beban) jika sudut penundaan pengapian ialah 20° .

Determine power supplied to the motor (load) if the delay firing angle is 20° .

(10%)

...4/-

- (ii) Kira arus masukan penukar jika dianggap bahawa penukar adalah tulen tanpa kehilangan.

Calculate the input current of converter if assumed that converter is ideal without losses.

(10%)

- (iii) Lukis bentuk gelombang arus dan voltan masukan dan keluaran.

Draw the input and output voltages and currents waveforms.

(10%)

- (iv) Jika sudut pengapian daripada penukar ialah 60° , tentukan kuasa yang diserap oleh motor.

If the firing angle of converter is 60° , determine power absorbed by motor.

(10%)

- (v) Jika arus beban ialah 10 A, tentukan voltan keluaran daripada converter dan sudut pengapian.

If the load current is 10 A, determine output voltage of converter and firing angle.

(10%)

2. (a) Sebuah penerus gelombang penuh satu fasa terkendali dioperasikan dari sebuah talian AUA 240 volt, 50 Hz melalui sebuah transformer satu fasa. Pembanding transformer ialah 10 : 1. Nilai purata arus beban ialah $I_L = 5$ A berterusan dan tanpa riak jika sudut pengapian ialah 25° .

A single-phase full wave controlled rectifier operated from an AC line voltage 240 volt, 50 Hz through a single phase transformer. Transformer ratio is 10 : 1. Average value of the load current of $I_L = 5$ A is continuous and without ripple if the delay firing angle is 25° .

- (i) Lukis litar penerus tersebut.

Draw the circuit of the rectifier. (10%)

- (ii) Lukis bentuk-bentuk gelombang voltan masukan dan keluaran dan arus masukan dan keluaran.

Draw the waveforms of input and output voltages and input and output currents.

(10%)

- (iii) Kira kuasa yang diserap oleh beban.

Calculate the power absorbed by load.

(10%)

- (iv) Kira arus talian.

Calculate the line current.

(10%)

- (v) Jika arus mengalir pada beban ialah 2 A, tentukan sudut pengapian daripada penerus.

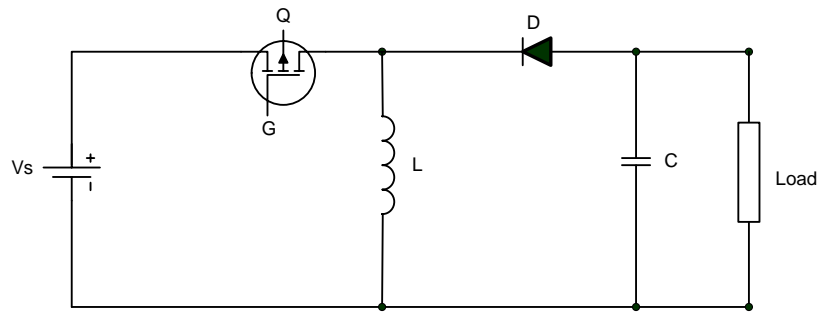
If the current flowing through the load is 2 A, determine the firing angle of rectifier.

(10%)

...6/-

- (b) Sebuah Penukar AT ke AT atau pengatur AT seperti yang diperlihatkan dalam Rajah 2 mempunyai suatu voltan masukan $V_s = 12$ volt. Kitar kerja $k = 0.25$ dan frekuensi pensuisan ialah 25 kHz. Induktans $L = 150 \mu\text{H}$ dan kapasitor $C = 220 \mu\text{F}$. Arus beban purata $I_a = 1.25$ Ampere.

The a DC to DC converter or DC regulator such as shown in Figure 2 has an input voltage of $V_s = 12$ volt. The duty cycle $k = 0.25$ and the switching frequency is 25 kHz. The inductance $L = 150 \mu\text{H}$ and capacitor $C = 220 \mu\text{F}$. The average load current $I_a = 1.25$ Ampere.



Rajah 2
Figure 2

- (i) Apakah jenis penukar DC ke DC ini ?
What is the type of this DC to DC converter?

(12.5%)

- (ii) Tentukan voltan keluaran purata V_a .
Determine average output voltage V_a .

(12.5%)

...7/-

- (iii) Tentukan purata arus masukan I_s (Andaikan bahawa penukar adalah tulen tanpa kehilangan).

Determine average input current I_s (Assumed that the converter is ideal without losses).

(12.5%)

- (iv) Tentukan nilai kritikal daripada L dan C dengan menggunakan formula-formula berikut:

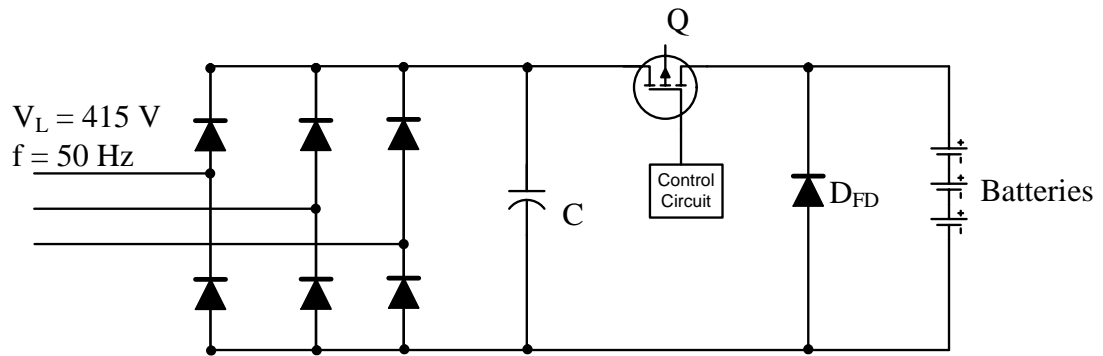
Determine the critical value of L and C with using the formulas bellow:

$$L_c = \frac{(1-k)R}{2f} \quad \text{and} \quad C_c = \frac{k}{2fR}$$

(12.5%)

3. (a) Suatu sistem penukar terdiri dari sebuah penerus tiga fasa jambatan-penuh dan sebuah pemenggal AT Buck, sebagaimana ditunjukkan dalam Rajah 3 berikut. Sistem penukar ini akan digunakan sebagai sebuah pengecas bateri. Sistem Penukar tersebut dibekalkan oleh voltan talian AUA tiga fasa 415V, 50 Hz.

A Converters system consist of a full-bridge three-phase rectifier and a buck DC chopper, such as shown in Figure 3 below. This converter system will be used as a batteries charger. The converter system is supplied by a three-phase AC line voltage 415V, 50 Hz.



Rajah 3
Figure 3

- (i) Jika voltan bateri ialah 200 V dan rintangan dalam total bateri adalah 2 Ohm, tentukan kitar kerja daripada pemanggil AT Buck untuk arus mengalir melalui bateri ialah 15 A.

If the batteries voltage is 200 V and total internal resistance of the batteries are 2 Ohm, determine the duty cycle of Buck converter for current flow through batteries is 15 A.

(25%)

- (ii) Lukis bentuk gelombang untuk voltan masukan, voltan keluaran, arus masukan dan arus keluaran daripada sistem penukar tersebut.

Draw waveforms for the input voltage, output voltage, input current and output current of that converter system.

(25%)

- (iii) Jika frekuensi pensuisan daripada pemenggal AT Buck DC ialah 200 KHz dan masa untuk menyala daripada pemenggal AT Buck DC ialah $2 \mu\text{s}$, tentukan arus mengalir melalui bateri.

If the switching frequency of Buck DC chopper is 200 KHz and time for conduct of Buck DC chopper switch is $2 \mu\text{s}$, determine current flow through the batteries.

(15%)

- (iv) Jika arus yang mengalir melalui bateri ialah 5 A, dan kitar kerja ialah 0.5, tentukan frekuensi pensuisan dari pada pemenggal AT Buck.

If the current flow through the batteries is 5 A, and duty cycle is 0.5, determine the switching frequency of Buck DC chopper.

(15%)

- (b) Sebuah penyongsang gelombang persegi satu fasa mempunyai beban $R = 10 \Omega$. Frekuensi penyongsang ialah $f_o = 50 \text{ Hz}$ dengan konduksi 180-derajat dan voltan masukan AT ialah $V_{in} = 48 \text{ Volt}$.

A single phase square wave inverter has load $R = 10 \Omega$. The inverter frequency is $f_o = 50 \text{ Hz}$ with 180-degree conduction and the DC input voltage is $V_{in} = 48 \text{ Volt}$.

- (i) Lukis litar penyongsang tersebut.

Draw the circuit of this inverter.

(10%)

- (ii) Terangkan, bagaimana operasi kerja daripada penyongsang tersebut dan jelmaan formula untuk voltan keluaran talian ke talian ketika dan arus talian penyongsang?

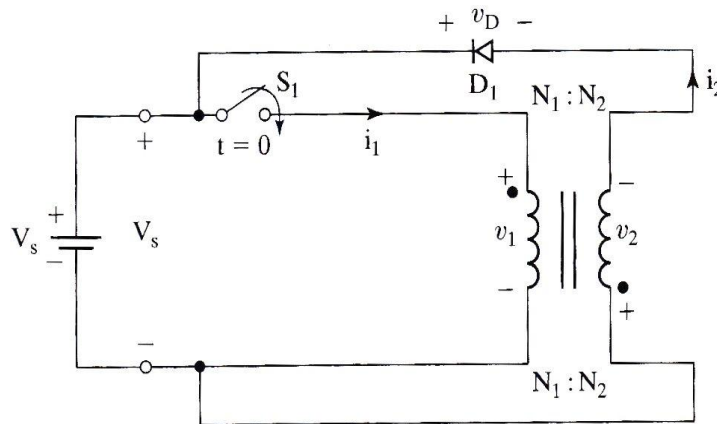
Explain, how the working operation of this inverter and express the instantaneous line-to-line output voltage and line current of inverter formulas?

(10%)

...10/-

4. (a) Senaraikan tiga jenis kategori diod kuasa.
List the three categories of power diode types. (15%)
- (b) Apakah makna masa pulih balikan diod?
What is definition of reverse recovery time of diode? (5%)
- (c) Berikan 1 jenis sifat pulih balikan diod dan lukiskan ciri t - I graf.
Give 1 type of reverse recovery characteristic and draw the t - I characteristic graph. (10%)
- (d) Rajah 1 menunjukkan litar tenaga pulih dikonfigurasi dengan pengubah pemagnetan kearuhan bernilai $L_m = 250 \text{ mH}$, $N_1 = 10$ dan $N_2 = 100$. Abaikan kebocoran pengubah kearuhan dan rintangan. Nilai bekalan voltan ialah $V_s = 220 \text{ V}$ dan tiada arus mula di dalam litar. Jika suis S_1 ditutup untuk masa $t_1 = 50 \mu\text{s}$ dan dibuka semula.

For the energy recovery circuit in Figure 1, the magnetizing inductance of the transformer is $L_m = 250 \text{ mH}$, $N_1 = 10$, and $N_2 = 100$. The leakage inductances and resistances of the transformer are negligible. The source voltage is $V_s = 220 \text{ V}$ and there is no initial current in the circuit. If switch S_1 is closed for a time $t_1 = 50 \mu\text{s}$ and is then opened.



Rajah 1
Figure 1

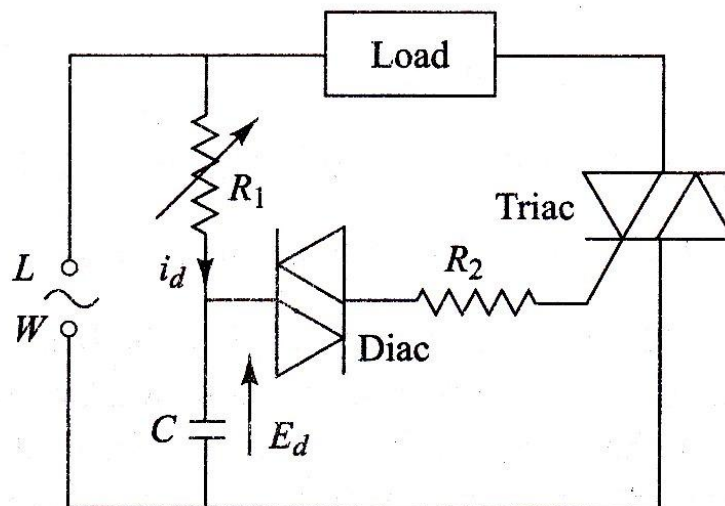
- (i) Tentukan nilai voltan balikan diod D1.
Determine the reverse voltage of diode D1. (5%)
- (ii) Kirakan nilai puncak arus utama.
Calculate the peak value of primary current. (5%)
- (iii) Kirakan nilai puncak arus sekunder.
Calculate the peak value of secondary current. (5%)
- (iv) Tentukan pengaliran masa untuk diod D1.
Determine the conduction time of diode D1. (5%)
- (v) Tentukan nilai tenaga yang dibekalkan dari bekalan.
Determine the energy supplied by the source. (10%)
- (vi) Senaraikan dua perbezaan antara thyristor dan transistor.
List two differences between thyristor and transistor. (10%)
- (vii) Yang manakah akan lebih baik digunakan sebagai peranti kawalan jika SCR dan Triac mempunyai kadaran yang sama? Berikan alasan.

If an SCR and a Triac of same rating are available, which will you prefer as a control device? Give reasons. (10%)

- (viii) Rajah 2 menunjukkan litar yang dikonfigurasi dengan Diac yang mempunyai keruntuhan voltan 40 V, perintang boleh ubah di antara R_1 1 k Ω to 25 k Ω , $C=470$ nF dan $E = 240$ V RMS di 50 Hz. Apakah nilai maksimum dan minimum pengapian lengah untuk konfigurasi tersebut?

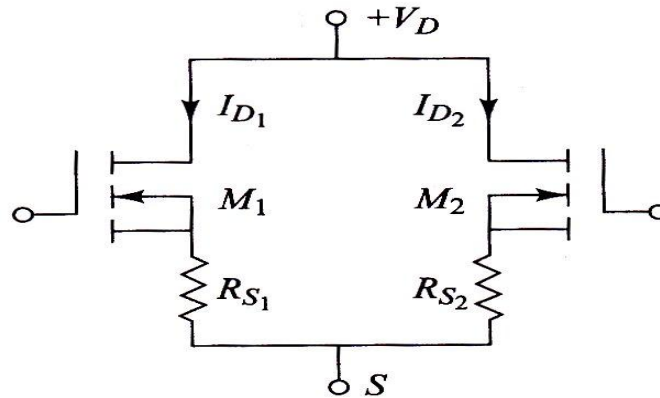
A Diac with a breakdown voltage of 40 V is used in a circuit such as that of Figure 2, with R_1 variable from 1 k Ω to 25 k Ω , $C=470$ nF and $E = 240$ V RMS at 50 Hz. What will be the maximum and minimum firing delays with this arrangement?

(20%)



Rajah 2
Figure 2

5. (a) Senaraikan 2 perbezaan antara IGBT dan MOSFET.
List 2 differences between IGBT and MOSFET. (10%)
- (b) Lukiskan litar elektrik setara untuk MOSFET kuasa dan terangkan kenapa peranti tersebut lebih sesuai diaplikasikan sebagai penyongsang.
Draw electrical equivalent circuit of a power MOSFET and explain why they are preferred in the inverter application. (10%)
- (c) Lukiskan dan terangkan ciri pensuisan MOSFET kuasa.
Draw and explain the switching behaviour of power MOSFET. (10%)
- (d) Lukiskan keratan rentas dan ciri perhubungan antara voltan sekatan dan on-perintang coolMOS. Terangkan cara operasi dan berikan satu contoh aplikasi coolMOS.
Draw the cross sectional and relationship between blocking voltage and on-resistance characteristic of coolMOS. Explain the operation and give one example application of coolMOS. (15%)
- (e) Rajah 3 menunjukkan sambungan dua MOSFET secara selari dan total jumlah arus yang dibawa ialah $I_T = 30$ A. Voltan di antara punca dan saliran MOSFET M_1 adalah $V_{DS} = 4$ V dan M_2 MOSFET $V_{DS2} = 4.5$ V. Tentukan nilai arus saliran untuk setiap MOSFET dan perbezaan perkongsian arus jika arus perkongsian perintang sesiri adalah : (1) $R_{S1} = 0.4 \Omega$ and $R_{S2} = 0.3 \Omega$ and (2) $R_{S1} = R_{S2} = 0.7 \Omega$
Two MOSFETs are connected in parallel as shown in Fig. 3, carry a total current of $I_T = 30$ A. The drain-to-source voltage of MOSFET M_1 is $V_{DS} = 4$ V and that of MOSFET M_2 is $V_{DS2} = 4.5$ V. Determine the drain current of each MOSFET and differences in current sharing if the current sharing series resistances: (1) $R_{S1} = 0.4 \Omega$ and $R_{S2} = 0.3 \Omega$ and (2) $R_{S1} = R_{S2} = 0.7 \Omega$ (25%)
- ...14/-



Rajah 3
Figure 3

- (f) Dua MOSFET disambungkan secara selari dan berkongsi 120 A d.c. Kemuatan dan kearuhan sesat di anggarkan bernilai:

Two MOSFETs are connected in parallel to share 120 A d.c. The device capacitances and estimated stray inductances are:

$$C_{gs1} = 2200 \text{ pf}, C_{gd1} = 390 \text{ pf}, L_{g1} = 2 \text{ nH}$$

$$C_{gs2} = 2700 \text{ pf}, C_{gd2} = 330 \text{ pf}, L_{g2} = 2.3 \text{ nH}$$

Tentukan nilai rintangan sesiri di get yang membolehkan perkongsian voltan di frekuensi tinggi. Tentukan juga nilai frekuensi tinggi.

Determine the series resistance in the gate that would enable equal voltage sharing at high frequencies. Also determine the safe highest frequency.

(30%)

...15/-

6. (a) Terangkan mekanisma seperti di bawah yang berkaitan dengan IGBT.

Explain the following mechanism with respect to IGBT.

- (i) Keupayaan sekatan ke depan.
Forward blocking capability. (5%)

- (ii) Keupayaan sekatan balikan.
Reverse blocking capability. (5%)

- (b) Terangkan prinsip operasi IGBT berdasarkan:

Explain the operating principle of an IGBT on the basis of:

- (i) penghasilan lapisan penyongsangan.
creation of an inversion-layer. (5%)

- (ii) keberaliran modulan lapisan hanyut.
conductivity modulation of the drift layer. (5%)

- (c) Lukiskan dan terangkan litar elektrik setara untuk model operasi IGBT.

Draw and explain the electric equivalent circuit for modeling the operation of the IGBT.

(15%)

- (d) Bagaimanakah GTO berbeza dari thyristor biasa. Lukiskan simbol dan keratan rentas GTO.

How does a GTO is differed from conventional thyristor. Draw the symbol and cross sectional of GTO.

(10%)

...16/-

- (e) Terangkan ciri pensuisan dan perlindungan arus lebih GTO.

Explain the switching behaviour and overcurrent protection of a GTO.

(10%)

- (f) IGBT yang digunakan di litar Rajah 4 adalah seperti berikut:

The IGBT used in the circuit of Figure 4 has the following data:

$$t_{ON} = 3 \mu s, t_{off} = 1.2 \mu s, D = 0.7, V_{CE} = 2 V \text{ and } f_s = 1 \text{ kHz}$$

- (i) Tentukan purata arus beban.

Determine average load current.

(15%)

- (ii) Tentukan kehilangan pengaliran kuasa.

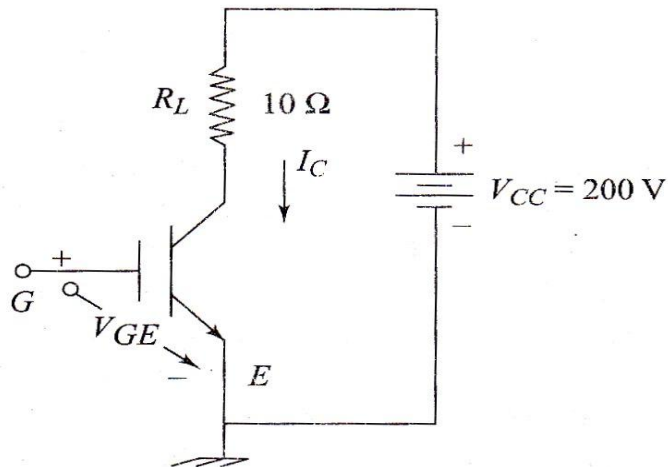
Determine conduction power loss.

(10%)

- (iii) Tentukan kehilangan pensuisan semasa tutup dan buka.

Determine the switching loss during turn-on and turn-off.

(20%)



Rajah 4
Figure 4

ooooOoooo